

SUBSTRATE POLISHING APPARATUS

発明の背景

発明の技術分野

本発明は、光を利用する基板測定装置を備えた基板研磨装置に関し、特に、基板測定が研磨プロセスへ与える影響を低減するとともに基板測定装置の測定精度の向上を図ることができる基板研磨装置に関する。

関連技術の記載

半導体製造プロセスにおいては、半導体ウエハ等の基板の表面を平坦かつ鏡面にするために基板研磨装置が用いられている。基板研磨装置は研磨テーブルを有し、研磨テーブルの研磨面に基板が押し付けられる。そして、研磨面に研磨剤を供給しつつ研磨テーブルを回転させて基板の研磨を行う。基板の研磨中に基板上の膜の測定を行う装置として、光を利用する基板測定装置が提案されている。例えば、膜厚を測定し、測定された膜厚に基づいて研磨の終了時点を判定することができる。

この種の基板測定装置の一つとして、水流タイプの装置が提案されている。例えば、特開2001-235311号公報（特許文献1）は、研磨テーブル内に水供給路を有する基板測定装置を開示している。水供給路の出口が研磨面に設けられており、水供給路を通じて純水が基板に噴射される。水流内には、2本の光ファイバが配置されている。一方の光ファイバを介して測定光が基板に投光され、他方の光ファイバによって基板からの反射光が受光される。そして、反射光に基づいて膜厚が計算される。

水流式の基板測定装置は、研磨パッドの貫通孔に水を供給しており、これにより、研磨テーブルと基板の間から貫通孔に流入してくるスラリを希釈でき、また、基板に付着しているスラリを洗浄できる。このようにして、測定へのスラリの影響が低減され、要求される測定能力が確保される。

しかしながら、測定能力の要求を満たすためには、大量の水の供給が求められる。測定用の水が貫通孔から研磨パッドの表面（研磨面）へ流出すると、スラリが希釈されてしまう。そして、スラリの希釈は、研磨性能に影響を及ぼす

可能性がある。

上記の水流出についてさらに説明すると、水供給路が基板に塞がれていれば、水の流出量は比較的小さい。しかし、従来提案されている基板研磨装置では、基板の位置が研磨テーブルの回転中心から離れていることが多く、水供給路が常に基板により塞がれているわけではない。すなわち、研磨テーブルの回転に応じて、水供給路が塞がれる期間と、塞がれない期間が交互に存在する。そして、水供給路が基板により塞がれない期間には、水の流出量が増大し、スラリが希釈され、研磨性能が影響を受ける。

上記した基板研磨装置では、上述したように、測定光を基板に照射するために研磨面に開口が設けられている。研磨面に設けられた開口は、研磨への影響がないようになるべく小さい方がよい。開口を小さくするためには、光ファイバの收容スペースを小さくする必要があった。以上のような事情により、基板研磨装置の膜厚測定には細径の光ファイバが使用されていた。

しかし、細径の光ファイバは、投受光可能な光量が小さい。このため、測定光の投光量に対する受光量の比率（受光効率）を高めた基板研磨装置が望まれている。

発明の要旨

本発明は上記背景の下でなされたものであり、研磨性能への測定用流体の影響を低減可能とし、かつ測定光の受光効率を高めた基板研磨装置を提供することを目的とする。

上記目的を達成するため、本発明の第1の態様によれば、基板が押圧される研磨テーブルと、前記基板の膜測定のために、前記研磨テーブルから前記基板に測定光を投光し、前記基板から反射光を受光する投受光装置と、前記研磨テーブルの投受光箇所設けられる流体室へ、前記測定光および前記反射光が透過する測定用流体を供給する流体供給路と、前記流体室への前記測定用流体の供給を制御する流体供給制御装置と、を有することを特徴とする基板研磨装置である。

本発明によれば、流体室への測定用流体の供給が制御されるので、測定能力

が確保される範囲で流体供給を制限することができる。したがって、測定用流体の流出を低減し、研磨性能への測定用流体の影響を低減できる。

本発明の好ましい態様では、前記流体供給制御装置は、前記流体室と前記基板の位置関係に応じて、前記流体室への前記測定用流体の供給を制御する。

本発明によれば、流体室と基板の位置関係に応じて測定用流体の供給を制御して、測定能力が確保される範囲で流体供給を制限することができる。したがって、測定用流体の流出を低減し、研磨性能への測定用流体の影響を低減できる。

本発明において、流体室は、例えば、研磨テーブルの研磨パッドに開けられた貫通孔で構成される。しかし、流体室はこれに限定されない。流体室は、流体供給路の出口部分の空間であればよい。したがって、流体室と流体供給路の境界が明確である必要はない。流体供給路の終端付近の領域が流体室であってもよい。

本発明の好ましい態様では、前記流体供給制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞される閉塞期間に、前記測定用流体を前記流体室に噴射する。

上記の閉塞期間は、流体室が基板に面している期間であり、測定が行われる期間である。また、閉塞期間は、基板により流体室が塞がれているので、測定用流体を噴射しても、流体室からの流出量は少ない。したがって、流出量を少なく抑えつつ、大量の測定用流体が供給される状態で基板を測定できる。

本発明の範囲内で、閉塞期間以外の期間には、測定用流体の供給を停止して、測定用流体の流出を止めてもよいが、下記のように低流量の供給が行われてもよい。

本発明の好ましい態様では、前記流体供給制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞されない非閉塞期間に、噴射時よりも少ない流量の測定用流体を前記流体室に供給する。

本発明によれば、非閉塞期間に低流量の流体が流体室に供給されるので、非閉塞期間における流体室へのスラリの侵入が制限される。そのため、例えば測定用ファイバが設けられる構成では、測定用ファイバ表面、特にファイバ端へのスラリ付着を防止できる。

本発明の好ましい態様では、前記流体室と前記基板の位置関係に応じて、前記流体室内の流体の強制排出を制御する強制排出制御装置を有する。

本発明によれば、流体室と基板の位置関係に応じて、流体室内の流体の強制排出が制御されるので、測定能力が確保される範囲で強制排出を行うことができる。これにより、測定用流体の流出を低減し、研磨性能への測定用流体の影響を低減できる。

本発明の好ましい態様では、前記強制排出制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞される閉塞期間に前記流体室内の流体を強制排出する。

本発明によれば、閉塞期間に流体室に供給される大量の流体室内の流体を強制排出し、測定用流体の流出量を低減できる。

本発明の好ましい態様では、前記強制排出制御装置は、前記閉塞期間が終わった後の所定の閉塞後期間にも前記流体室内の流体の強制排出を継続する。

本発明によれば、閉塞期間が終わった後の閉塞後期間も強制流出を継続して、閉塞後期間における測定用流体の流出量を低減できる。

本発明の好ましい態様では、前記強制排出制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞される前の所定の閉塞前期間には、前記流体室内の流体の強制排出を制限する。

本発明によれば、閉塞前期間に強制排出が制限されるので、閉塞前期間には流体室の測定用流体の量を増大し、流体を測定用流体で概ね満たすことができる。好適には低流量の流体供給により流体室が測定用流体で満たされる。これにより、研磨テーブル上で流体室が基板下方に突入する直前に存在するスラリ溜り（スラリの溜まった部分）に流体室が到達したときに流体室へと流入するスラリの量を低減できる。スラリ溜りを通過するときのスラリ流入量の低減により、基板を流体室が通過するときの測定性能の向上が図れる。

なお、スラリ溜りの大きさは、スラリおよび研磨パッド等の仕様に依りて異なり、スラリ溜りが殆ど発生しない場合もある。このような場合にも、本発明によれば、流体室が基板により閉塞される前に流体室の流体を増加させることで、測定性能の向上が図れる。例えば、基板の下方に流体室が突入するときに巻き込まれる気泡を低減可能である。

本発明の第２の態様によれば、基板が押圧される研磨テーブルと、前記研磨テーブルから前記基板に光を投光し、前記基板から反射光を受光する投受光装置と、前記研磨テーブルの投受光箇所にて設けられる流体室へ、前記光および前記反射光が透過する流体を導く噴射用の第１の流路と、前記流体室へ前記流体を導く前記噴射用の第１の流路よりも絞られた低流量用の第２の流路と、前記流体が導かれる第１、第２の流路を切り替える流路切替装置と、を有することを特徴とする基板研磨装置である。

本発明によれば、噴射用の第１の流路と低流量用の第２の流路が切り替えられる。噴射と低流量供給の切替により、上述した本発明の利点が得られる。

本発明の第３の態様によれば、基板が押圧される研磨面を有する研磨テーブルと、前記研磨テーブルの研磨面へ流体を供給する流路を有し、前記流路は大流量用の流路と低流量用の流路を有することを特徴とする基板研磨装置である。本発明によっても、大流量用と低流量用の流路を設けることで流量の好適な制御ができる。

本発明の好ましい態様では、基板が押圧される研磨テーブルと、前記基板の膜測定のために、前記研磨テーブルから前記基板に測定光を投光し、前記基板から反射光を受光する投受光装置と、前記研磨テーブルの投受光箇所にて設けられる流体室へ、前記測定光および前記反射光が透過する測定用流体を供給する流体供給路と、前記流体室への前記測定用流体の供給を制御し、前記測定用流体を噴射する噴射モードと、前記噴射モードより流量が少ない低流量モードを切り替える流体供給制御装置と、前記流体室内の流体の強制排出を制御する強制排出制御装置と、を有する。前記流体室が前記基板により閉塞される閉塞期間には、前記流体供給制御装置が前記噴射モードを設定し、前記強制排出制御装置が前記流体室（測定室）内の流体を強制排出し、前記流体室が前記基板により閉塞される前の所定の閉塞前期間には、前記流体供給制御装置が前記低流量モードを設定し、前記強制排出制御装置が前記測定室内の流体の強制排出を制限し、前記基板による前記流体室の閉塞が終わった後の所定の閉塞後期間には、前記流体供給制御装置が前記低流量モードを設定し、前記強制排出制御装置が前記測定室内の流体を強制排出する。

本発明によれば、閉塞期間には、流体の噴射と共に強制排出が行われる。したがって、流出量を少なく抑えつつ、十分な量の測定用流体を用いた測定ができる。また、閉塞前期間には、低流量の供給を行い、かつ、強制排出が制限される。したがって、閉塞前期間内に流体室の測定用流体の量を増大でき、測定室が基板下方に突入する直前にスラリ溜りを通過するときに流体室に流入するスラリ量を低減できる。さらに、閉塞後期間には、低流量の供給を行い、かつ、強制排出が行われる。したがって、流出量を少なく抑えつつ、流体室へのスラリの侵入を制限できる。このようにして、本発明によれば、測定能力を確保しながら、測定用流体の流出量を低減して、研磨性能への影響を低減できる。

本発明の好ましい態様では、研磨プロセスの終了後は、前記流体供給制御装置が前記低流量モードを設定し、前記強制排出制御装置が前記流体室の流体の強制排出を制限する。

本発明によれば、研磨プロセスの終了後は、低流量の供給が行われ、かつ、強制排出が制限されるので、流体室に測定用流体が存在する状態を保持できる。

本発明の第4の態様によれば、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光する投光用光ファイバと、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する受光用光ファイバと、を備え、前記投光用光ファイバの出射端と前記受光用光ファイバの入射端とが互いに隣接して配置され、かつ、前記投光用光ファイバおよび前記受光用光ファイバから前記半導体基板までの距離が、前記投光用光ファイバの拡がり角および前記受光用光ファイバの拡がり角に基づいて定められていることを特徴とする基板研磨装置である。

本発明によれば、投光用光ファイバの出射端と受光用光ファイバの入射端とが互いに隣接した構成により、投光用光ファイバから出射して受光用光ファイバに入射する測定光の経路が基板に対して垂直に近くなる。これにより、受光用光ファイバによる受光量を増大させることができる。

また、一般的に、基板からの反射光の受光効率を高めるためには、投光用光ファイバの出射端および受光用光ファイバの入射端から基板までの距離が短

い方が良いと考えられる。しかし、投光用光ファイバの出射端および受光用光ファイバの入射端を基板に近づけていくと、基板上の有効照射範囲が減少してしまう。「有効照射範囲」とは、基板上に照射された測定光のうちで、反射により受光用光ファイバへと到達できる測定光が照射する範囲である。本発明は、有効照射範囲が光ファイバの特性である拡がり角に影響されることに着目し、拡がり角に基づいて投光用光ファイバおよび受光用光ファイバから基板までの距離を定めることにより、測定光の受光効率を向上可能とした。なお、「拡がり角」とは、光ファイバの最大の受光角であり、光ファイバの特性を表すパラメータであるNA値によって規定される。

本発明の好ましい態様では、前記投光用光ファイバおよび前記受光用光ファイバから前記半導体基板までの距離が、前記投光用光ファイバおよび前記受光用光ファイバのNA値をN、コア径をC、クラッドの厚さをTとして、

$$L = (1 - N^2)^{1/2} \times (2T + C) / 2N$$

により求められる値Lに基づいて設定される。

この式により求められる値Lは、有効照射範囲を減少させないで投光用光ファイバおよび受光用光ファイバを基板に近づけることができる距離である。従って、求められた値Lに基づいて距離を設定することにより、受光効率を向上できる。

本発明の好ましい態様では、前記投光用光ファイバの出射端および前記受光用光ファイバの入射端にまたがって設けられ、前記投光用光ファイバが投光する測定光を前記半導体基板に集光すると共に、前記半導体基板で反射した測定光を前記受光用光ファイバに集光する投受光用集光手段を備えている。

本発明の好ましい態様では、前記投光用光ファイバと前記受光用光ファイバのいずれか一方を他方が取り囲んでいる。

本発明の第5の態様によれば、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光する投光用光ファイバと、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する受光用光ファイバと、を備え、前記投光用光ファイバの光軸と前記受光用光ファイバの光軸とが互い

に傾いていることを特徴とする基板研磨装置である。

光ファイバからは光軸に沿った方向に強い光が出射され、光軸から離れるに従い出射された光の強度は弱くなる。光ファイバの受光感度についても、光軸に沿った方向から入射する光の方が、光軸から離れた周辺部から入射する光より感度良く受光可能である。本発明によれば、投光用光ファイバの光軸と受光用光ファイバの光軸とを互いに傾けることにより、受光用光ファイバによる反射光の受光効率を向上可能である。

本発明の好ましい態様では、前記投光用光ファイバの光軸と前記受光用光ファイバの光軸とが前記半導体基板の法線に関して対称である。

投光用光ファイバの光軸と受光用光ファイバの光軸とを半導体基板の法線に関して対称とした構成により、基板で反射した光の進行方向と受光用光ファイバの光軸がほぼ一致する。これにより、受光用光ファイバによる測定光の受光効率を向上可能である。

本発明の好ましい態様では、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、半導体基板の膜を測定するための測定光を研磨面に設けられた開口を通じて半導体基板に投光する投光用光ファイバと、半導体基板によって反射された測定光を受光する受光用光ファイバと、投光用光ファイバの出射端に設けられ、投光用光ファイバが投光する測定光を半導体基板に集光する投光用集光手段と、を備える。

本発明によれば、投光用集光手段により測定光を基板に集光し、投光の範囲を小さく限定できる。これにより、基板上のパターンの膜測定への影響を低減できる。基板上のパターンの凹凸が膜測定に影響しないように、測定光の投光範囲を絞ることも好適である。なお、投光用集光手段は、出射端にレンズを取り付けて構成してもよいし、出射端をレンズ加工することにより形成してもよい。

本発明の好ましい態様では、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、半導体基板の膜を測定するための測定光を研磨面に設けられた開口を通じて半導体基板に投光する投光用光ファイバと、半導体基板によって反射された測定光を受光する受光用光ファイバと、受光用光ファイバの入射端

に設けられ、半導体基板で反射した測定光を受光用光ファイバに集光する受光用集光手段と、を備える。

この構成により、基板上の所定の箇所に焦点を合わせて、その箇所から反射した光を集光可能である。これにより、ノイズ成分を低減して、測定光のS/N比を向上できる。なお、受光用集光手段は、入射端にレンズを取り付けて構成してもよいし、入射端をレンズ加工することにより形成してもよい。

本発明の好ましい態様では、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、半導体基板の膜を測定するための測定光を研磨面に設けられた開口を通じて半導体基板に投光する投光用光ファイバと、半導体基板によって反射された測定光を受光する受光用光ファイバと、隣接して配置された投光用光ファイバの出射端および受光用光ファイバの入射端にまたがって設けられ、投光用光ファイバが投光する測定光を半導体基板に集光すると共に半導体基板で反射した測定光を受光用光ファイバに集光する投受光用集光手段と、を備える。

本発明によれば、一の投受光用集光手段により、測定光の基板への集光と基板からの反射光の集光を行うので、投光用光ファイバが投光する測定光の焦点位置と、受光用光ファイバが受光する測定光の焦点位置が一致する。これにより、投光した測定光を基板に集光し、集光した箇所で反射した光を受光用光ファイバに集光でき、測定光のS/N比を向上可能である。なお、投受光用集光手段は、出射端と入射端にまたがるレンズを取り付けて構成してもよいし、出射端および入射端をレンズ加工することにより形成してもよい。

本発明の第6の態様によれば、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光し、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する光ファイバ体と、を備え、前記光ファイバ体は、少なくとも1本の投光用光ファイバと、少なくとも1本の受光用光ファイバとを含み、前記少なくとも1本の投光用光ファイバと前記少なくとも1本の受光用光ファイバの一方を他方が取り囲んでいることを特徴とする基板研磨装置である。

この構成により、基板で反射した測定光の受光割合を増やし、測定光の S / N 比を向上可能である。

本発明の好ましい態様では、前記少なくとも 1 本の投光用光ファイバと前記少なくとも 1 本の受光用光ファイバの一方を他方が被覆している。

投光用光ファイバと受光用光ファイバの一方を他方が被覆した構成により、投光用光ファイバと受光用光ファイバとの間に、双方の光ファイバに共通のクラッドを形成できる。クラッドの共通化により、投光用光ファイバのコアと受光用光ファイバのコアの間隔を狭くできる。これにより、基板での反射光のうち、受光用光ファイバに受光される光の割合を増やすことができる。

本発明の好ましい態様では、光ファイバ体は、1 本の投光用光ファイバと、投光用光ファイバを取り囲む複数本の受光用光ファイバとを有する。

1 本の投光用ファイバによって測定光を投光することにより、測定光が当たる範囲を限定できる。

本発明の好ましい態様では、光ファイバ体は、1 本の受光用光ファイバと、受光用光ファイバを取り囲む複数本の投光用光ファイバとを有する。

本発明によれば、受光用光ファイバの周囲が複数の投光用光ファイバにより取り囲まれるので、受光用光ファイバは、投光用光ファイバから投光された測定光を効率良く受光可能である。

本発明の第 7 の態様によれば、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光し、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する光ファイバ体と、を備え、前記光ファイバ体は、複数本の投光用光ファイバと複数本の受光用光ファイバとを含み、前記投光用光ファイバと前記受光用光ファイバとが束ねられていることを特徴とする基板研磨装置である。

この構成により、基板で反射した測定光の受光割合を増やし、S / N 比を向上可能である。

本発明の好ましい態様では、光ファイバ体は、複数本の投光用光ファイバを複数本の受光用光ファイバが取り囲むように構成される。

光ファイバ体の中央に複数の投光用ファイバを集めることにより、測定光が当たる範囲を限定できる。

本発明の好ましい態様では、光ファイバ体は、複数本の受光用光ファイバを複数本の投光用光ファイバが取り囲むように構成される。

本発明によれば、受光用光ファイバの周囲が複数の投光用光ファイバにより取り囲まれるので、受光用光ファイバは、投光用光ファイバから投光された測定光を効率良く受光可能である。

本発明の第 8 の態様によれば、半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光し、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する光ファイバ体と、を備え、前記光ファイバ体は、投光用光ファイバの領域と受光用光ファイバの領域に分割された断面形状を有する複合型の光ファイバであることを特徴とする基板研磨装置である。

投光用光ファイバの領域と受光用光ファイバの領域とを有する構成により、それぞれの領域の間に双方の光ファイバに共通のクラッドを形成できる。クラッドの共通化により、投光用光ファイバ領域のコアと受光用光ファイバ領域のコアの間隔を狭くできる。これにより、投光用光ファイバから投光される測定光の照射範囲と、受光用光ファイバにより受光可能な範囲との重なり部分を増やすことができる。

以上に、本発明の各種の態様を説明したが、本発明は上記の基板研磨装置に限定されない。例えば、本発明の別の態様は、上記の基板研磨装置に備えられる基板測定装置である。また、本発明の別の態様は、上記の基板研磨装置による基板研磨方法および基板測定装置による基板測定方法である。

図面の簡単な説明

図 1 は本発明の第 1 の実施形態に係る基板研磨装置を示す図である。

図 2 は図 1 の基板研磨装置に備えられるセンサの構成例を示す図である。

図 3 は図 1 の基板研磨装置が備えられる基板処理装置を示す図である。

図 4 は図 1 の基板研磨装置における測定用流体の供給および排出の制御の

ための構成を示す図である。

図 5 は図 1 の基板研磨装置における基板と研磨テーブルの貫通孔との位置関係を示す図である。

図 6 は基板を支持するトップリングの構成を示す図である。

図 7 は図 4 の構成による測定用流体の供給および排出の制御を示す図である。

図 8 は図 7 の制御下での研磨テーブルの貫通孔内の流体量の変化を示す図である。

図 9 は第 2 の実施形態に係る基板研磨装置の構成を示す図である。

図 10 A 及び図 10 B は投光用光ファイバおよび受光用光ファイバと基板の間の投受光を示す模式図、図 10 C は有効照射範囲に投光される測定光の光量について説明する図である。

図 11 A は投光用光ファイバおよび受光用光ファイバと基板の間の投受光を示す模式図、図 11 B は投光用光ファイバ出射端から基板までの距離と基板に照射される光量との関係を示す図である。

図 12 A 及び図 12 B は、投光用光ファイバおよび受光用光ファイバから基板までの距離と、基板における有効照射範囲の関係について説明する模式図である。

図 13 は投光用光ファイバおよび受光用光ファイバと基板を示す図である。

図 14 は投光用光ファイバおよび受光用光ファイバから基板までの距離と、受光用光ファイバによる受光量との関係を実験した結果である。

図 15 は第 3 の実施形態における投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの配置を示す図である。

図 16 は第 4 の実施形態における投光用光ファイバおよび受光用光ファイバを示す図である。

図 17 A 及び図 17 B は基板の研磨対象面を拡大して示す模式図である。

図 18 は第 5 の実施形態で用いられる投光用光ファイバ及び受光用光ファイバの断面図である。

図 19 A は従来例における照射範囲および受光可能範囲を示す図、図 19 B

は第 5 の実施形態での照射範囲および受光可能範囲を示す図である。

図 20 A は第 5 の実施形態の変形例において用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバを示す図、図 20 B は投光用光ファイバおよび受光用光ファイバのそれぞれにレンズを取り付けた構成例である。

図 21 は第 6 の実施形態で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 22 は第 6 の実施形態の変形例で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 23 は第 7 の実施形態で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 24 は第 8 の実施形態で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 25 は第 8 の実施形態での測定光の経路を示す模式図である。

図 26 は第 8 の実施形態の変形例で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 27 は第 9 の実施形態で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 28 は第 9 の実施形態の変形例で用いられる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの断面図である。

図 29 は第 10 の実施形態で用いられる光ファイバ体の断面図である。

好ましい実施例の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

図 1 は、本発明の第 1 の実施形態の基板研磨装置を示している。基板研磨装置 10 は、いわゆる化学的機械的研磨 (CMP) 装置であり、研磨テーブル 12 とトップリング 14 を有する。研磨テーブル 12 には、研磨面 16 を有する研磨パッド 18 が取り付けられている。トップリング 14 は、下面で基板 20 を支持しており、基板 20 と共に回転する。そして、トップリング 14 は、研磨テーブル 12 の中心から離れた位置で基板 20 を研磨パッド 18 に押し付

ける。研磨パッド１８と基板２０の間には研磨用のスラリが供給される。基板２０は、スラリの存在下で、研磨テーブル１２の研磨パッド１８に押し付けられた状態で回転し、さらに、研磨テーブル１２が回転し、これにより基板２０が研磨される。研磨パッド１８としては、発泡ポリウレタン製、不織布タイプ、またはスエードタイプの研磨クロスのほか、研磨砥粒をエポキシ等のバインダ材で固めて形成した固定砥粒タイプの研磨パッドを用いることができる。

基板研磨装置１０は、基板２０に形成された薄膜の研磨に用いられる。薄膜の厚さが所定の値になった時点で研磨が終了する。終了時点の判定を本実施の形態では、終点検知（end point detection）という。終点検知のために、基板研磨装置１０は、以下に説明する膜厚測定装置２２を備えている。

膜厚測定装置２２は、本発明の基板測定装置の一形態である。測定対象の膜は、例えば酸化シリコン膜である。膜厚測定装置２２は、研磨テーブル（回転テーブル）１２に内蔵されたセンサ２４を有し、さらに、研磨テーブル１２の下面に取り付けられた電源ユニット２６、コントローラユニット２８、光源ユニット３０およびフォトメータユニット３２を有する。

電源ユニット２６は、ロータリーコネクタ３４を介して電力を受け取り、膜厚測定装置２２の各ユニットに電力を供給する。コントローラユニット２８は膜厚測定装置２２の全体を制御する。光源ユニット３０はセンサ２４に測定光を供給し、測定光はセンサ２４にて基板２０に照射される。センサ２４は、基板２０からの反射光を受光し、フォトメータユニット３２に送る。測定光および反射光の伝達部材は共に光ファイバである。フォトメータユニット３２では、光信号が電気信号に変換される。この電気信号がコントローラユニット２８で処理される。

コントローラユニット２８は、ロータリーコネクタ３４を介して光学的指標計算部３６に接続され、光学的指標計算部３６は光学的指標判定部３８に接続されている。コントローラユニット２８で処理された信号は光学的指標計算部３６に送られ、光学的指標計算部３６で膜厚、反射強度、スペクトル等の光学的指標が計算される。光学的指標判定部３８は、膜厚等の光学的指標の判定を行い、そして、膜厚が所定の値に達したか否かの終点検知を行う。判定結果は、

基板研磨装置 10 の全体を制御する研磨制御部 40 に送られる。

膜厚測定装置 22 は、さらに、センサ 24 に測定用流体を供給するための供給路 42 と、センサ 24 から測定用流体を排出するための排出路 44 を有する。供給路 42 は、ロータリージョイント 46 を介して、図示されないタンクに接続されている。また、排出路 44 は、測定室（流体室）内の流体を排出するポンプ 48 に接続されている。ポンプ 48 により測定用流体が排出され、また、測定室に流入するスラリー等の研磨液も排出される。

本実施の形態では、測定用流体は純水であり、純水は、基板研磨装置が備えられる工場等の施設に備えられるタンクから供給されてよい。また、供給路 42 および排出路 44 は適当な配管等で構成される。例えば、配管を PEEK 材等の樹脂等（非金属部材）でコーティングすることにより、基板への金属汚染を防止することができる。供給路 42 および排出路 44 は、研磨テーブル 12 に内に設けられたジャケットを含んでもよい。

供給路 42 は、図示のように並列部 50 を有し、並列部 50 は主流路 52 および副流路 54 からなる。そして、主流路 52 および副流路 54 には供給制御弁 56, 58 が設置されている。主流路 52 は、大流量の純水の供給によってセンサ 24 で純水を噴射するために用いられる。一方、副流路 54 にはオリフイス（図示せず）が設けられており、副流路 54 は低流量の純水の供給に用いられる。低流量供給と噴射の切替のために、供給制御弁 56, 58 が開閉される。

さらに、排出路 44 には排出制御弁 60 が設置されている。排出制御弁 60 は、強制排出タイミングの制御のために使われる。排出制御弁 60 および供給制御弁 56, 58 は電磁弁であり、図示されないが電磁弁ユニットを構成する。この電磁弁ユニットは、他のユニットと同じく研磨テーブル 12 の下面に取り付けられている。

基板研磨装置 10 は、さらに、研磨テーブル 12 内に冷却用のウォータージャケット 62 を有する。ウォータージャケット 62 はロータリージョイント 46 を介して図示されない水タンクに接続されている。

図 2 は、センサ 24 の構成例を示している。既に説明したように、研磨テー

ブル12に研磨パッド18が載せられており、研磨パッド18に基板20が接触する。研磨テーブル12には、供給路42および排出路44が並んで設けられている。そして、供給路42の供給口64および排出路44の排出口66が、研磨テーブル12の上面に位置している。研磨パッド18は貫通孔68を有しており、これにより、供給口64および排出口66が露出する。

供給路42には、投光用光ファイバ70および受光用光ファイバ72が並んで配置されている。投光用光ファイバ70および受光用光ファイバ72は、光源ユニット30およびフォトメータユニット32（図1）に接続されている。そして、投光用光ファイバ70は、光源ユニット30から供給された測定光を基板20に照射する。受光用光ファイバ72は、基板20からの反射光を受光し、反射光をフォトメータユニット32へ伝える。

上記のセンサ24では、純水等の測定用流体が、供給口64から供給され、排出口66から排出されている。貫通孔68の内部が純水等で満たされ、研磨用のスラリの貫通孔68への侵入が制限される。これにより、貫通孔68の内部が透明に保たれるので、測定光を使った膜測定が良好に行える。

図3は、基板研磨装置10を備えた基板処理装置80の全体構成を示している。基板処理装置80は、基板カセット保持部82、基板移動装置84および洗浄室86を基板研磨装置10と共に備えている。被研磨体である基板は、基板カセット保持部82から基板研磨装置10に送られる。そして、研磨後の基板は、洗浄室86で洗浄および乾燥され、基板カセット保持部82に戻される。

また、基板処理装置80は、基板研磨装置10が設けられた部屋に、作業用窓88を有する。基板研磨装置10には、基板を支持するトップリング14が備えられている。また、研磨テーブル12を挟んでトップリング14と向き合うようにドレッサ15が備えられている。スラリはノズル90を通して研磨テーブル12へ供給される。ノズル90は、スラリ容器からスラリを供給するスラリ供給管を構成しており、すなわち、スラリ供給装置を構成している。測定用流体は、図示されないが、研磨テーブル12へと下側から供給される。

以上に、本実施の形態の基板研磨装置10の全体構成を、センサ24の構成と共に説明した。次に、本実施の形態の特徴的構成について説明する。

図４は、純水等の測定用流体の供給および排出の制御に関する構成を示している。既に説明した通り、研磨パッド１８には貫通孔６８が設けられており、貫通孔６８へと供給路４２および排出路４４が連通している。供給路４２には、投光用光ファイバ７０および受光用光ファイバ７２が配置されている。

また、供給路４２は並列部５０を有し、並列部５０は主流路５２および副流路５４からなる。副流路５４にはオリフィス９２が設けられており、これにより流路が絞られている。主流路５２には噴射制御弁Ｖ１が設置され、副流路５４には低流量制御弁Ｖ２が設置されている。噴射制御弁Ｖ１および低流量制御弁Ｖ２は、図１の供給制御弁５６、５８に対応し、主流路５２と副流路５４の切替装置を構成している。

供給路４２には、基板研磨装置１０が備えられる施設の配管から送られてくる純水が導かれる。そして、供給路４２から貫通孔６８への供給量は以下のように設定されている。すなわち、主流路５２の噴射制御弁Ｖ１が開き、副流路５４の低流量制御弁Ｖ２が閉じるとき、流量が $50 \sim 200 \text{ cc/min}$ であり、低流量制御弁Ｖ２が開き、噴射制御弁Ｖ１が閉じるとき、流量が 50 cc/min 以下になるように、供給路４２が構成されている。このような構成により、主流路５２を用いて貫通孔６８に純水が噴射され、副流路５４を用いて貫通孔６８に低流量の純水が供給される。

一方、排出路４４には、ポンプ４８が設置され、さらに、排出制御弁Ｖ３が設置されている。排出制御弁Ｖ３は、図１の排出制御弁６０に対応する。また、ポンプ４８は、本実施の形態では定量ポンプである。そして、ポンプ４８の排出量は、噴射時の供給量の $\pm 20\%$ 以内に設定されている。好ましくは、供給量が排出量以上に設定され、これにより、測定時の十分な水量が確保される。ただし、本発明の範囲内でポンプ４８は定量ポンプに限定されず、定圧ポンプも適用可能である。

噴射制御弁Ｖ１、低流量制御弁Ｖ２および排出制御弁Ｖ３の開閉は、コントローラユニット２８により制御される。コントローラユニット２８には、回転角センサ９４が接続されている。回転角センサ９４は、研磨テーブル１２の回転方向の角度位置を検出する。コントローラユニット２８は、回転角センサ

4の検出信号に基づいて、噴射制御弁V1、低流量制御弁V2および排出制御弁V3の開閉を制御する。

ここで、研磨テーブル12に対する基板20の位置は決まっている。また、貫通孔68は研磨テーブル12と共に回転する。したがって、コントローラユニット28は、研磨テーブル12の角度位置を用いることにより、貫通孔68と基板20の位置関係に応じて噴射制御弁V1、低流量制御弁V2および排出制御弁V3を制御できる。このとき、回転角センサ94は、研磨テーブル12の回転角を検出することで、貫通孔68と基板20の位置関係を検出するセンサまたは手段として機能する。

上記構成においては、貫通孔68が本発明の流体室に相当する。また、投光用光ファイバ70および受光用光ファイバ72が、測定光の投光と反射光の受光を行う投受光装置を構成している。供給路42および排出路44は、純水等の測定用流体の供給装置および排出装置である。また、噴射制御弁V1および低流量制御弁V2が、コントローラユニット28とともに流体供給制御装置を構成しており、同様に、排出制御弁V3がコントローラユニット28とともに流体排出制御装置を構成している。さらに、供給路42の主流路52および副流路54が、噴射用の流路および低流量用の流路に相当する。

次に、図5～図8を参照し、コントローラユニット28による供給および排出制御を説明する。

図5は、貫通孔68（流体室）と基板20の位置関係を示している。上述したように、研磨テーブル12に対する基板20の位置が決まっており、かつ、貫通孔68は研磨テーブル12と共に回転する。したがって、貫通孔68と基板20の位置関係は、貫通孔68の回転方向の角度位置 θ で表される。図5では、研磨テーブル12の中心と基板20の中心を結ぶ線上に貫通孔68が位置するとき、貫通孔68の角度位置 θ が0度であるとする。

図5において、 $\theta = \theta_1$ のとき、貫通孔68の端が基板20に到達し、貫通孔68が基板20に覆われ始める。そして、 $\theta = \theta_2$ のとき、貫通孔68が完全に基板20を通過し、貫通孔68の全体が基板20に覆われなくなる。したがって、 $\theta_1 \leq \theta \leq \theta_2$ の期間では、基板20が貫通孔68の上に位置する。

この期間を本実施の形態では「閉塞期間」という。閉塞期間以外の期間は、貫通孔 6 8 が基板 2 0 により閉塞されない期間であり、図示のように「非閉塞期間」と呼ぶ。「非閉塞期間」は、「閉塞前期間」と「閉塞後期間」の 2 つに分けられる。

閉塞前期間は、貫通孔 6 8 が基板 2 0 により閉塞される前の所定の期間である。本実施の形態では、閉塞前期間は、 $\theta 0 \leq \theta < \theta 1$ に設定されている。そして、 $\theta 0$ は -120 度に設定されている。

一方、閉塞後期間は、基板 2 0 による貫通孔 6 8 の閉塞が終わった後の所定の期間である。閉塞後期間は、図 5 では、 $\theta 2 < \theta < \theta 3$ の期間である。 $\theta 3$ は 240 度 ($= 360 + \theta 0$) であり、したがって、閉塞後期間が終わると、次の閉塞前期間が始まる。

ここで、上記の閉塞期間は、より詳細には以下のように設定されてよい。

図 6 は、基板 2 0 を支持するトップリング 1 4 の構成を示している。図示のように、一般のトップリング 1 4 は、基板 2 0 を装着する支持面にガイドリング 9 6 を有している。そして、基板 2 0 の周囲はガイドリング 9 6 で囲まれる。このような場合に、上記の「閉塞期間」は、貫通孔がガイドリング 9 6 に到達し、基板 2 0 を通り、基板 2 0 の反対側でガイドリング 9 6 から離れるまでの期間に設定されてよい。この設定は、ガイドリング 9 6 を基板 2 0 の一部として扱っており、このような構成も本発明の範囲内である。言い換えれば、本発明の範囲内で、貫通孔がガイドリング 9 6 に達してから離れるまでの期間が、本発明の閉塞期間であってよく、すなわち、流体室が基板により塞がれる期間であってよい。なお、この点は、ガイドリング 9 6 以外の部材が基板 2 0 の周囲に存在する場合でも同様に適用される。また、閉塞期間は、上記のようなガイドリング 9 6 等の部材を考慮せずに、基板 2 0 のみと貫通孔の重なりに基づいて設定されてもよい。

次に、図 7 は、図 5 に示される各期間における噴射制御弁 V 1、低流量制御弁 V 2 および排出制御弁 V 3 の開閉制御を示している。

まず、閉塞前期間には、コントローラユニット 2 8 は、低流量モードを設定する。低流量モードでは、コントローラユニット 2 8 の制御信号に応答して、

噴射制御弁 V 1 が閉じ、低流量制御弁 V 2 が開く。これにより、副流路 5 4 を通って、低流量の純水が供給される。

また、閉塞前期間には、コントローラユニット 2 8 は、排出制御弁 V 3 を制御して強制排出を制限する。本実施の形態では、排出制御弁 V 3 が閉じるので、強制排出は停止する。

次に、閉塞期間が来ると、コントローラユニット 2 8 は、噴射モードを設定する。噴射モードでは、コントローラユニット 2 8 の制御信号に応答して、噴射制御弁 V 1 が開き、低流量制御弁 V 2 が閉じる。これにより、主流路 5 2 を通って、大量の純水が供給され、供給された純水は貫通孔 6 8 内に噴出する。なお、本発明の範囲内で、低流量制御弁 V 2 は閉じなくてもよく、この場合も低流量供給と噴射の切替が可能である（以下、同様）。

また、閉塞期間には、コントローラユニット 2 8 は、排出制御弁 V 3 を制御して強制排出を行わせる。コントローラユニット 2 8 の制御信号に応答して排出制御弁 V 3 が開き、ポンプ 4 8 を使った強制排出が行われる。

次に、閉塞後期間が来ると、コントローラユニット 2 8 は、噴射モードから低流量モードへの切替を行う。したがって、噴射制御弁 V 1 が閉じ、低流量制御弁 V 2 が開き、供給量が低下する。

また、閉塞後期間には、コントローラユニット 2 8 は、閉塞期間での強制排出を継続する。したがって、排出制御弁 V 3 は開いたままであり、ポンプ 4 8 を使った強制排出が行われる。

図 8 は、上記の各期間における貫通孔 6 8 の状態を示す概念図である。まず、図 8 の中央の閉塞期間について説明すると、閉塞期間には純水が噴射されるので、大量の純水によって貫通孔 6 8 が満たされる。貫通孔 6 8 のスラリが純水で希釈され、特に、供給路 4 2 の上方は、供給されたばかりの純水が概ね垂直な液柱を形成して、測定に必要な透明度が確保される。膜厚測定は、この閉塞期間に行われる。すなわち、噴射により生じる水柱の中で、測定光が投光され、反射光が受光される。また、閉塞期間には、貫通孔 6 8 が基板 2 0 に塞がれており、さらには、強制排出が行われているので、基板 2 0 と研磨パッド 1 8 の表面との隙間への純水の流出量は少なく抑えられる。

このようにして、閉塞期間には、純水の流出を抑えつつ、貫通孔 6 8 内の透明度を確保でき、必要な測定能力が得られる。

次に、閉塞後期間には、低流量の純水が貫通孔 6 8 に供給され、かつ、貫通孔 6 8 から純水が強制排出される。したがって、概念的には図示の如く貫通孔 6 8 の一部に純水が残存する。このような制御により、純水の噴出によるスラリの希釈が避けられ、さらに、貫通孔 6 8 へのスラリの侵入も制限できる。そのため、測定用ファイバ表面、特に、ファイバ端へのスラリ付着を防止できる。

この点に関し、閉塞後期間には、測定が行われないので、貫通孔 6 8 への純水の供給を完全に停止することも考えられる。しかし、スラリが過度に貫通孔 6 8 に侵入すると、次の閉塞期間で貫通孔 6 8 にスラリが残り、透明度が落ちる可能性がある。これを避けるために、本実施の形態は、閉塞後期間に低流量の純水を供給しており、貫通孔 6 8 へのスラリの侵入を好適に制限できる。

次に、閉塞前期間について説明すると、閉塞前期間には、低流量の純水の供給は継続されるが、強制排出は停止する。これにより、貫通孔 6 8 の純水の量が増す。ただし、純水の供給量が少ないので、貫通孔 6 8 からの純水の流出量は少なく抑えられる。

上記のように閉塞前期間には、貫通孔 6 8 の純水の量が増大し、流体室を純水で概ね満たすことができる。好ましくは、図 8 に示される如く、閉塞前期間に貫通孔 6 8 が純水で満たされるように、閉塞前期間の長さが設定される。これにより、以下の利点を得られる。

研磨テーブル 1 2 上で貫通孔 6 8 が基板 2 0 下方に突入する直前には、スラリ溜りが存在する。スラリ溜りは、基板 2 0 下方に巻き込まれるべきスラリが基板 2 0 の縁に溜まることで生じる。より詳細には、基板 2 0 がトップリング 1 4 のガイドリング 9 6 (図 6) に囲まれる構成では、スラリ溜りはガイドリング 9 6 の縁に発生する。強制排出が行われると、貫通孔 6 8 に空隙がある状態で貫通孔 6 8 がスラリ溜りに到達し、その結果、大量のスラリが貫通孔 6 8 に流入し、測定性能の低下を招く可能性がある。しかし、本実施の形態では、上述の制御により、スラリ溜りに貫通孔 6 8 が到達する前に、貫通孔 6 8 の純水の量を増大できるので、貫通孔 6 8 がスラリ溜りを通るときの貫通孔 6 8 へ

のスラリの流入量を低減できる。スラリー流入量の低減により、基板 20 を貫通孔 68 が通過するときの測定性能の向上が図れる。

なお、スラリー溜りの大きさは、スラリーおよび研磨パッド等の仕様に依りて異なり、スラリー溜りが殆ど発生しない場合もある。このような場合にも、本実施の形態によれば、貫通孔 68 が基板 20 により閉塞される前に貫通孔 68 の純水を増加させることで、測定性能の向上が図れる。例えば、基板 20 の下方に貫通孔 68 が突入するときには巻き込まれる気泡を低減可能である。

次に、研磨プロセス終了後の制御について説明する。研磨プロセス終了後は、コントローラユニット 28 は、低流量モードを設定するとともに、強制排出を停止する。噴射制御弁 V1 が閉じられ、低流量制御弁 V2 が開かれ、排出制御弁 V3 が閉じられる。すなわち、閉塞前期間と同様の制御が行われる。この制御は、好適には、ある基板の研磨が終わってから、次の基板の研磨を開始するまでの期間に行われる。このような制御により、研磨プロセス終了後（基板交換時）に、貫通孔 68 からの純水の流出を抑えることができ、かつ、貫通孔 68 へのスラリの侵入も制限できる。

また、上述した制御では、研磨テーブルの 1 回転に一度、上記の一連の制御が行われ、貫通孔 68 に純水が噴射される。しかし、本発明の範囲内で、複数回の回転に一度、純水が噴射されてもよい。すなわち、N 回転に一度、純水が噴射されてよい（ $N \geq 2$ ）。

この場合、噴射が行われない周回では、全周（閉塞前期間、閉塞期間および閉塞後期間）において、閉塞後期間と同様に、低流量供給と強制排出が行われてよい。そして、噴射が行われる閉塞期間の直前の閉塞前期間から、次の閉塞後期間まで、図 7 の制御が実行される。

上記の制御は、基板測定を複数周回に一度行う場合に好適に適用される。測定を行う周回に噴射が行われればよい。これにより噴射回数が減り、純水の流出も低減する。

また、上記の実施の形態において、閉塞期間は、流量制御の切替タイミングを定める期間である。流量制御の設定においては、閉塞期間の開始時期が、基板と貫通孔が重なり始める時期と正確に一致する必要はない。同様に、閉塞期

間の終了時期も、基板と貫通孔の重なりが終わる時期と正確に一致する必要はない。図6のガイドリングを考慮した期間設定も、基板と貫通孔の重なり期間に閉塞期間が正確に一致しない設定の例ということができる。さらには、噴射制御弁V1、低流量制御弁V2および排出制御弁V3の切替時期が正確に同一でなくてもよい。

また、既に説明したように、上記の制御の変形例では、噴射モードで測定用流体を噴射するときに、低流量制御弁V2は閉じなくてもよい。すなわち、低流量制御弁V2は、低流量供給時も噴射時も開いていてもよく、この制御でも低流量供給と噴射の切替が可能である。この観点では、低流量制御弁V2が廃止されてもよい。

また、本実施の形態は、流体室への流体供給手段として、主流路52および副流路54からなる並列部分50を用いたが、流体の流量を任意の値に可変に設定、供給できる流量コントロール弁を介するように供給路42を構成してもよい。

以上に、本発明の好適な実施の形態を説明した。本実施の形態は、本発明の範囲内で当業者が変形可能なことはもちろんである。例えば、測定用流体は純水に限定されない。

上述したように、図1乃至図8に例示した本発明によれば、流体室と基板の位置関係に応じて、流体室への測定用流体の供給が制御されるので、測定能力が確保される範囲で流体供給を制限することができる。したがって、測定用流体の流出を低減し、研磨性能への測定用流体の影響を低減できる。

また、本発明によれば、流体室が基板に閉塞されない非閉塞期間に、低流量の測定用流体が流体室に供給され、これにより、非閉塞期間における測定用流体の流出を抑えつつ、流体室へのスラリの侵入を制限できる。

さらに、本発明によれば、測定用流体の供給とともに強制排出を制御することにより、流体室から研磨パッド表面への測定用流体の流出を適切に抑えられ、流出量をさらに低減できる。また、本発明では、閉塞前期間に強制排出が制限され、これにより、流体室の測定用流体を増大し、流体室が基板下方に突入する直前のスラリ溜り通過時のスラリ流入量を低減し、測定性能を向上できる。

図 9 は、本発明の第 2 の実施形態に係る基板研磨装置 10 を説明する図であり、研磨テーブル（回転テーブル）12 の測定部位を拡大して示す図である。図 9 は、図 1 の全体構成のうちのセンサ 24 部分に相当する。既に説明したように、研磨テーブル 12 の研磨パッド取付面 78 に研磨パッド 18 が載せられており、研磨パッド 18 に基板 20 が接触する。研磨テーブル 12 には、供給路 42 および排出路 44 が並んで設けられている。

研磨パッド 18 は貫通孔（開口）68 を有しており、供給路 42 および排出路 44 は貫通孔 68 に連通している。貫通孔 68 内に供給路 42 を形成するための配管ピース 1086 が研磨テーブル 12 に取り付けられている。配管ピース 1086 の終端は測定用流体の出口 1088 を構成する。出口 1088 は、供給路 42 を通じて供給される測定用流体が貫通孔 68 内に供給される供給口である。配管ピース 1086 は、貫通孔 68 の内部に位置している。すなわち、出口 1088 は研磨テーブル 12 より上方に位置し、研磨パッド 18 の研磨面 16 付近に位置している。

配管ピース 1086 は円管状の部材であり、ネジ部 1092 で研磨テーブル 12 に取り付けられる。より詳細には、ネジ部 1092 は、配管ピース 1086 の雄ネジと研磨テーブル 12 の雌ネジで構成され、これらが結合される。ネジ部 1092 は、配管ピース 1086 を研磨テーブル 12 に締め付けたときに、配管ピース 1086 の上端の出口 1088 が、貫通孔 68 の内部で適当な高さに位置するように設定されている。本実施形態では、交換可能な配管ピース 1086 を用いたが、研磨テーブル 12 に常設された交換可能でない配管を用いることも可能であり、本発明の範囲に含まれる。

本実施形態に係る基板研磨装置 10 では、純水等の測定用流体が供給路 42 を通じて供給され、排出路 44 を通じて排出されている。貫通孔 68 の内部が透明な純水で満たされ、研磨用のスラリの貫通孔 68 への侵入が制限され、これにより、透過光を用いる測定を可能にしている。

供給路 42 には、投光用光ファイバ 1080 および受光用光ファイバ 1082 が配置されている。投光用光ファイバ 1080 および受光用光ファイバ 1082 は、光源ユニット 30 およびフォトメータユニット 32（図 1）に接続さ

れている。そして、投光用光ファイバ1080は、光源ユニット30から供給された測定光を基板20に照射する。受光用光ファイバ1082は、基板20からの反射光を受光し、反射光をフォトメータユニット32へ伝える。

次に、本実施形態において、基板20からの反射光の受光効率を向上させるための投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082の配置について説明する。本実施形態では、投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082とは隣接して配置され、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082は接触している。このように投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082を配置したことにより、投光用光ファイバ1080の出射端1094と受光用光ファイバ1082の入射端1096は隣接し、共に基板20側を向いている。また、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082は、投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096から基板20までの距離Lだけ離隔するように配置される。

以下、この配置により測定光の受光効率を向上可能な理由について説明する。最初に、投光用光ファイバと受光用光ファイバが隣接して配置されている理由について説明し、次に投光用光ファイバおよび受光用光ファイバから基板までの距離Lの設定について説明する。

図10A及び図10Bは、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082と基板20を示す模式図である。図10Aでは投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082が離隔して配置された例、図10Bでは投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082とが隣接して配置された例を示す。図10Bに示す例が、本実施形態の光ファイバの配置に相当する。図10Aに示すように、投光用光ファイバ1080から投光された測定光が基板20に照射される。基板20に照射された測定光が反射し、その一部が受光用光ファイバ1082により受光される。受光用光ファイバ1082により受光される測定光が照射される範囲を「有効照射範囲」という。次に、有効照射範囲に照射される測定光の光量について説明する。

図10Cは、図10Aにおける有効照射範囲B1に投光される測定光の光量

と、図10Bにおける有効照射範囲B2に投光される測定光の光量について説明する図である。一般的に、ある領域における光の光量は、その領域を切り取る立体角によって規定される。図10Cに示すように、有効照射範囲B1の立体角 $\Psi 1$ は、有効照射範囲B2の立体角 $\Psi 2$ より小さい。つまり、図10Aに示す有効照射範囲B1より図10Bに示す有効照射範囲B2への投光量の方が大きい。図10Cから理解されるように、基板20上において同じ面積を切り取る立体角は、出射端1094から基板20に引いた垂線1098に近い範囲ほど大きい。すなわち、出射端1094の正面近くに位置する有効照射範囲ほど投光量が多い。以上の原理に基づき、投光用光ファイバ1080の出射端1094と受光用光ファイバ1082の入射端1096とが隣接するように、投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082を配置した。この配置により、測定光の経路が基板20に対して垂直に近くなるため、有効照射範囲への投光量が増える。これにより、測定光の受光効率を向上できる。

次に、投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096の基板20からの距離Lの設定について説明する。

投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が基板20に近接すると、基板20の単位面積あたりの投光量が増大する。しかし、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が基板20に近接しすぎると反射光の受光量が減少する。以下、これらの点について順に説明し、それから、受光効率を高めるための、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082から基板20までの最適な距離Lの設定について説明する。

まず、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が基板20に近接すると、測定光の受光量が増大する理由について図11A及び図11Bを参照しながら説明する。

図11Aは、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082と基板20を示す模式図である。図11Aに示すように、投光用光ファイバ1080から投光された測定光が基板20に照射されている。そして、基板20に照射された測定光が反射して、その一部が受光用光ファイバ1082に受光される。すなわち、照射された基板上の測定光のうち、図11Aの有効照射範囲

B 1 に照射された光が、受光用光ファイバ 1 0 8 2 へ到達する。従って、有効照射範囲 B 1 への投光量が受光用光ファイバ 1 0 8 2 への受光量に関係する。図 1 1 B を参照して、有効照射範囲 B 1 への投光量と距離との関係について述べる。

図 1 1 B は、投光用光ファイバ 1 0 8 0 の出射端 1 0 9 4 から基板 2 0 までの距離と基板 2 0 の単位面積あたりの照射光量との関係を示す図である。図 1 1 B では、基板 2 0 が位置 P 1 にある場合と位置 P 2 にある場合を比較して示す。基板 2 0 が位置 P 1 にあるときの基板 2 0 の領域 B への照射光量は、領域 B を切り取る立体角 $\Psi 1$ で表せる。また基板 2 0 が位置 P 2 にあるときの領域 B への照射光量は、立体角 $\Psi 2$ で表せる。ここで、位置 P 1 と位置 P 2 における照射光量を比較すると、基板 2 0 が位置 P 2 にあるときの方が同一の領域 B への照射光量が大きいことがわかる ($\Psi 1 < \Psi 2$)。すなわち、図 1 1 B は、投光用光ファイバ 1 0 8 0 の出射端 1 0 9 4 から基板 2 0 までの距離が小さくなると、基板 2 0 に照射される単位面積あたりの光量が増大することを示している。従って、有効照射範囲 B 1 への投光量を増大させ、受光用光ファイバ 1 0 8 2 による受光量を増大させるためには、出射端 1 0 9 4 から基板 2 0 までの距離は小さい方がよい。

しかし、投光用光ファイバ 1 0 8 0 および受光用光ファイバ 1 0 8 2 が基板 2 0 に近接しすぎると、以下の理由により、基板 2 0 からの反射光の受光量が減少する。図 1 2 A 及び図 1 2 B を参照しながら説明する。ここでは、簡単のため、ファイバのクラッドや被覆の厚みを無視している。

図 1 2 A 及び図 1 2 B は、投光用光ファイバ 1 0 8 0 および受光用光ファイバ 1 0 8 2 から基板 2 0 までの距離 $L 3$ 、 $L 4$ と、基板 2 0 における有効照射範囲 B 3、B 4 の関係について説明する模式図である。図 1 2 A 及び図 1 2 B に示すように、投光用光ファイバ 1 0 8 0 から出射された測定光が基板 2 0 に照射される。そして、基板 2 0 に照射された測定光が反射し、その一部が受光用光ファイバ 1 0 8 2 により受光される。図 1 2 B に示す例は、図 1 2 A に示す例より、投光用光ファイバ 1 0 8 0 の出射端 1 0 9 4 および受光用光ファイバ 1 0 8 2 の入射端 1 0 9 6 が基板 2 0 に近接している。

図12Aに示すように、距離 L_3 が大きいと、投光用光ファイバ1080から投光された測定光は、受光用光ファイバ1082の入射端1096の縁1099に到達可能である。この場合、有効照射範囲B3の幅は、投光用光ファイバ1080の出射端1094の幅によって決まる。図12Aから分かるように、距離 L_3 が大きくなると照射範囲A3はますます大きくなるが、それに含まれる有効照射範囲B3の大きさは一定である。

しかし、図12Bに示すように距離 L_4 が小さくなると、投受光用光ファイバ1080、1082の拡がり角の影響で、有効照射範囲B4が狭くなる。すなわち、図12Bでは、照射範囲A4の最も受光用光ファイバ1082寄りの地点1100からの反射光が、受光用光ファイバ1082の入射端の中心付近の位置1101に入射される。すなわち、入射位置1101から縁1099までの部分に光が入射しない。また、受光可能範囲C4の最も投光用光ファイバ1080寄りの地点1102からの反射光が受光用光ファイバ1082の入射端1096の縁1103に入射される。すなわち、投光用光ファイバ1080の出射端1094のうち、位置1104から縁1105までの面から出射される光は、受光用光ファイバ1082に到達しない。これに応じて、有効照射範囲B4も狭くなる。図12Bから分かるように、距離 L_4 が小さくなると有効照射範囲B4も小さくなり、受光量が減少する。投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082のコア間の距離が0であると仮定すると、 $L_4 = 0$ のとき受光用光ファイバ1082の受光量は0となる。

以上より、測定光の受光率を向上させる投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの配置は、図12Aに示す大きさの有効照射範囲を維持可能な範囲で、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を基板20に最も近接させた配置といえる。次に、この条件を満たす距離 L を求める。

図13は、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082と基板20を示す図である。投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082は隣接して配置されている。投光用光ファイバ1080のコア1106と受光用光ファイバ1082のコア1106との間は、投光用光ファイバ1080のクラッド1108と受光用光ファイバ1082のクラッド1108が存在

し、その厚さ分の間隔を有する。ここでは、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082は同型の光ファイバであるとし、クラッド1108の厚さをTとする。なお、実際には、クラッド1108に被覆層が被覆される場合があり、さらに被覆層にコーティング層がコーティングされる場合がある。その場合には、被覆層およびコーティング層の厚さを含めて厚さTとすればよい。ここで、有効照射範囲の大きさを減少させない範囲における距離Lの最小値を求める。光ファイバのコア1106の径をC、NA値をNとすると、図13より次の関係が成り立つ。

$$\tan \theta = (2T + C) / 2L \cdots (1)$$

NA値は、空气中（屈折率1）においては、 $\sin \theta$ である。

$$N = \sin \theta \cdots (2)$$

式(1)及び式(2)を距離Lについて解くと、

$$L = (1 - N^2)^{1/2} \times (2T + C) / 2N \cdots (3)$$

となる。従って、式(3)で示される値が距離Lの最小値である。この距離Lは、i) 有効照射範囲を減らさず、かつ、ii) 投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を基板20に近接させる、という条件を満たす。従って、式(3)で示す値は、距離Lの最適値である。

実際の基板研磨装置10においては、光ファイバのわずかな傾き、測定光の経路の状態などによって距離Lの最適値は変動し得る。また、距離Lの近傍においては、有効照射範囲の狭小化に伴う受光量の減少と、光ファイバ端1094、1096の近接による受光量の増大とが相殺する。これに伴う総受光量の増減は、各光ファイバ1080、1082の仕様によって異なる。従って、上記計算により求めた距離Lの近傍で、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082と基板20との距離を調整し、受光効率を最大化する配置を得ることが好ましい。

図14は、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082から基板20までの距離と、受光用光ファイバ1082による受光量との関係を求めるために行った実験の結果である。ここでは、内面を鏡面加工した配管ピース1086内に投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082

を設けた。投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096が配管端の出口1088から2mm下方に位置するように、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を配置した。図14では、以上の構成において配管端から基板20までの距離をLとしている。この結果によれば、距離Lが2.7mmのときに受光量が最大となることがわかる。距離Lが2.7mmより小さくなると、受光量が急速に減少した。また、距離Lが2.7mmより大きくなった場合にも受光量が減少した。この実験結果は、受光率を最大にする最適の距離が存在するという上記した説明に合致している。

以上、本発明の好適な第2の実施形態を説明した。本実施形態に係る基板研磨装置10では、投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082とが隣接して配置されることにより、投光用光ファイバ1080から出射して受光用光ファイバ1082に入射する測定光の経路が基板20に対してほぼ垂直となる。すなわち、基板20の膜測定を行うための有効照射範囲が、投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096のほぼ正面となる。これにより、有効照射範囲への投光量を増大させ、受光用光ファイバ1082による受光量を増大させることができる。

また、投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096から基板20までの距離Lを、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の拡がり角に基づいて求めており、より詳細には、拡がり角に基づいて有効照射範囲が小さくならない範囲で距離Lを小さく設定している。そして、求めた距離Lに基づいて投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を配置することにより、測定光の受光効率を高めることができる。

次に、本発明の第3の実施形態に係る基板研磨装置10について説明する。第3の実施形態に係る基板研磨装置10は、第2の実施形態に係る基板研磨装置10と基本的な構成は同じであるが、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の配置が異なる。

図15は、第3の実施形態に係る基板研磨装置10における投光用光ファイ

バ1080および受光用光ファイバ1082の配置を示す図である。第3の実施形態に係る基板研磨装置10では、投光用光ファイバ1080の光軸1110と受光用光ファイバ1082の光軸1112とが傾いている。より詳細には、投光用光ファイバ1080の光軸1110が受光用光ファイバ1082の側に傾けられている。また、受光用光ファイバ1082の光軸1112が投光用光ファイバ1080の側に傾けられている。投光用光ファイバ1080の光軸1110の基板20の法線に対する傾きは角度 $\theta 1$ であり、受光用光ファイバ1082の光軸1112の基板20の法線に対する傾きは角度 $\theta 2$ である。

光ファイバからは、光軸が延びる方向に強い光が出射される。投光用光ファイバ1080の光軸1110を受光用光ファイバ1082側に傾けることにより、受光用光ファイバ1082に向かう光の強度を高めることができる。また、受光用光ファイバ1082も、光軸に沿った方向から入射する光に対する感度が高い。従って、受光用光ファイバ1082の光軸1112を投光用光ファイバ1080側に傾けることにより、反射光を感度良く受光可能である。これにより、測定光の受光効率を向上可能となる。

なお、投光用光ファイバ1080の光軸1110の傾き角度 $\theta 1$ と受光用光ファイバ1082の光軸1112の傾き角度 $\theta 2$ は等しいことが好ましい。傾きの角度が等しいことにより、投光用光ファイバ1080の光軸1110と受光用光ファイバ1082の光軸1112とが半導体基板20の法線に関して対称となる。従って、基板20で反射した光の進行方向と受光用光ファイバ1082の光軸1112がほぼ一致し、測定光の受光効率を向上可能である。また、この場合、投光用光ファイバ1080の出射端1094と受光用光ファイバ1082の入射端1096を基板20側にずらして配置してもよい。投光用光ファイバ1080の拡がり角に応じて、受光用光ファイバ1082を近づけると、さらに外乱の影響を低減できる。

次に、本発明の第4の実施形態に係る基板研磨装置10について説明する。第4の実施形態に係る基板研磨装置10は、第3の実施形態に係る基板研磨装置10と基本的な構成は同じであるが、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082にレンズが取り付けられている。

図16は、第4の実施形態に係る基板研磨装置10における投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を示す図である。第3の実施形態と同様に、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の光軸は互いに傾けられている。また、投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096のそれぞれにレンズ1114が取り付けられている。投光用光ファイバ1080に取り付けられたレンズ1114は、投光用光ファイバ1080が投光する測定光を基板20に集光する機能を有する。また、受光用光ファイバ1082に取り付けられたレンズ1114は、基板20で反射した光をコアに集光する機能を有する。

図17A及び図17Bは、基板20の研磨対象面を拡大して示す模式図である。図17A及び図17Bに示されるように、研磨対象の基板20の表面はパターンを有する。すなわち、 SiO_2 基板1113上にAl配線1115が形成され、Al配線1115に応じたパターンが形成されている。図11Aに示されるように、測定光が投光される箇所にパターンの凹凸が存在する。

本実施形態によれば、投光用光ファイバ1080の出射端1094に取り付けたレンズ1114により測定光を基板20に集光するので、測定光が投光される箇所を小さい範囲に限定することができる。図17Bに示されるように、凹凸が存在しない箇所（例えば、比較的大きな配線部分）に測定光を投光することにより、その反射光に基づく膜厚の測定を正確に行うことも好適である。特に、光の干渉を用いて膜のプロパティを計測する場合に有効である。また、受光用光ファイバ1082に取り付けたレンズ1114により、基板20での反射光を集光して受光する。すなわち、図17Bに示されるように、測定光が反射される箇所からの光を集光し、その他の部分からの受光を低減する。これにより、ノイズ成分を低減して測定光のS/N比を向上可能である。

なお、本実施形態においては、レンズ1114を投光用光ファイバ1080の出射端1094および受光用光ファイバ1082の入射端1096に取り付けることとしたが、レンズ1114を取り付ける代わりに、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の端部を加工することにより、レンズを形成してもよい。

次に、本発明の第5の実施形態に係る基板研磨装置10について説明する。第5の実施形態に係る基板研磨装置10は、第2の実施形態に係る基板研磨装置10と基本的な構成は同じである。

図18は、第5の実施形態に係る基板研磨装置10で用いられる投光用光ファイバ1080及び受光用光ファイバ1082の断面図である。本実施形態では、投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082とが光ファイバ体1116を構成している。そして、投光用光ファイバ1080を受光用光ファイバ1082が被覆して構成されている。より詳細には、投光用光ファイバ1080のコアをクラッドが被覆し、そのクラッドの外側に受光用光ファイバ1082のコアが設けられている。そして、受光用光ファイバ1082のコアをクラッドがさらに被覆している。投光用光ファイバ1080のコアと受光用光ファイバ1082のコアとの間に設けられるクラッドは、投光用光ファイバ1080のクラッドとしての役割と受光用光ファイバ1082のクラッドとしての役割を有する。

図19Aは従来例における投光用光ファイバ1080の照射範囲および受光用光ファイバ1082の受光可能範囲を示す図であり、図19Bは、第5の実施形態での投光用光ファイバ1080の照射範囲および受光用光ファイバ1082の受光可能範囲を示す図である。図19A及び図19Bから分かるように、第5の実施形態では受光用光ファイバ1082が投光用光ファイバ1080を囲んでいるので、投光用光ファイバ1080から投光される測定光の照射範囲と、受光用光ファイバ1082の受光可能な範囲が同方向にわたって重なりを有している。従って、基板20で反射した測定光の受光効率を向上可能である。

また、第5の実施形態においては、投光用光ファイバ1080のコアと受光用光ファイバ1082のコアは、共通のクラッドを介して隣接する。コアの間隔が小さいため、投光用光ファイバ1080による照射範囲と受光用光ファイバ1082による受光可能範囲の重なりを大きくできる。これにより、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を基板20にさらに近接させることができる。前述のように、受光用光ファイバ1082で受光され

る光は、基板 20 に対して垂直に近くなり、照射時の立体角が大きくなって光量が増す。

なお、光ファイバ体 1116 は、接着等により投光用光ファイバ 1080 と受光用光ファイバ 1082 を一体化してもよいが、投光用光ファイバ 1080 と受光用光ファイバ 1082 が分離可能でもよい。この点については、他の実施形態についても同様である。

図 20A は第 5 の実施形態の変形例において用いられる投光用光ファイバ 1080 および受光用光ファイバ 1082 を示す図、図 20B は投光用光ファイバ 1080 の出射端 1094 および受光用光ファイバ 1082 の入射端 1096 のそれぞれにレンズ 1114 を取り付けた構成例である。図 20A に示す変形例では、投光用光ファイバ 1080 の出射端 1094 および受光用光ファイバ 1082 の入射端 1096 にまたがってレンズ 1114 が取り付けられている。このレンズ 1114 は、投光用光ファイバ 1080 が投光する測定光を基板 20 に集光すると共に、基板 20 からの反射光を集光する機能を有する。この構成によれば、図 20B に示す場合と異なり、測定光を集光する場合の焦点位置と、反射光を集光する場合の焦点位置とが共通である。これにより、投光用光ファイバ 1080 が投光した測定光を基板 20 に集光し、基板 20 で反射した光を受光用光ファイバ 1082 に集光でき、測定光の S/N 比を向上可能である。

なお、本実施形態においては、投光用光ファイバ 1080 を受光用光ファイバ 1082 で被覆した構成について説明したが、受光用光ファイバ 1082 を投光用光ファイバ 1080 で被覆してもよい。また、変形例においては、投光用光ファイバ 1080 および受光用光ファイバ 1082 にレンズ 1114 を取り付けることとしたが、投光用光ファイバ 1080 の出射端 1094 および受光用光ファイバ 1082 の入射端 1096 を加工してレンズを形成してもよい。

次に、本発明の第 6 の実施形態に係る基板研磨装置 10 について説明する。第 6 の実施形態に係る基板研磨装置 10 は、第 2 の実施形態に係る基板研磨装置 10 と基本的な構成は同じである。

図21は、第6の実施形態に係る基板研磨装置10で用いられる投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の断面図であり、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が光ファイバ体1116を構成している。本実施形態では、1本の投光用光ファイバ1080の周囲を複数本の受光用光ファイバ1082が取り囲んでいる。受光用光ファイバ1082は、投光用光ファイバ1080の周囲に均等に配置されている。

このように投光用光ファイバ1080の周囲に受光用光ファイバ1082を複数配置した構成により、測定光の受光割合を増大させ、S/N比を向上可能である。また、基板研磨装置10では、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082は、測定用流体を供給する供給路42に配置される。投光用光ファイバ1080の周囲に複数の受光用光ファイバ1082を配置した構成では、投光用光ファイバ1080と受光用光ファイバ1082の隙間、また受光用光ファイバ1082間の隙間に測定用流体が通過する。これにより、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が測定用流体により洗浄される効果がある。

図22は、第6の実施形態の変形例で用いられる投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の断面図である。この変形例が上記実施形態と異なるのは、1本の投光用光ファイバ1080の周囲を取り囲む複数本の受光用光ファイバ1082がランダムに配置されている点である。すなわち、複数本の受光用光ファイバ1082は、1本の投光用光ファイバ1080を中心に束ねられている。この構成によっても上記実施形態と同様に、測定光の受光効率を向上できる効果を有する。

上記実施形態では、1本の投光用光ファイバ1080を複数本の受光用光ファイバ1082が取り囲む構成について説明したが、1本の受光用光ファイバ1082を複数本の投光用光ファイバ1080が取り囲む構成とすることも可能である。また、第5の実施形態の変形例と同様に、1本の投光用光ファイバ1080と複数本の受光用光ファイバ1082に、出射端および各入射端にまたがるレンズを取り付けることとしてもよい。

次に、本発明の第7の実施形態に係る基板研磨装置10について説明する。

第7の実施形態に係る基板研磨装置10は、第2の実施形態に係る基板研磨装置10と基本的な構成は同じである。

図23は、第7の実施形態に係る基板研磨装置10で用いられる投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の断面図である。本実施形態では、複数本の投光用光ファイバ1080と複数本の受光用光ファイバ1082とを有する。これらが光ファイバ体1116を構成する。複数の投光用光ファイバ1080と複数の受光用光ファイバ1082は束ねられている。1本の投光用光ファイバ1080又は受光用光ファイバ1082の周囲に6本の投光用光ファイバ1080又は受光用光ファイバ1082が配置されている。投光用光ファイバ1080の周囲に2〜4本の割合で受光用光ファイバ1082が存在し、かつ受光用光ファイバ1082の周囲に2〜4本の割合で投光用光ファイバ1080が存在するように、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が並べられている。

このように投光用光ファイバ1080の周囲に適当な本数の受光用光ファイバ1082が配置され、かつ受光用光ファイバ1082の周囲に適当な本数の投光用光ファイバ1080が配置されていることにより、受光用光ファイバ1082による測定光の受光割合を増大させ、S/N比を向上可能である。好ましくは、投光用光ファイバ1080の周囲に配置される光ファイバには、30〜70%の受光用光ファイバ1082が含まれ、受光用光ファイバ1082の周囲に配置される光ファイバには、30〜70%の投光用光ファイバ1080が含まれる。このような割合で投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を配置することにより、測定光の受光割合を増大させ、S/N比を向上可能である。

次に、本発明の第8の実施形態に係る基板研磨装置10について説明する。第8の実施形態に係る基板研磨装置10は、第2の実施形態に係る基板研磨装置10と基本的な構成は同じである。

図24は、第8の実施形態に係る基板研磨装置10で用いられる投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の断面図である。第8の実施形態では、第7の実施形態と同様に、複数本の投光用光ファイバ1080と複

数本の受光用光ファイバ1082とが束ねられている。これらが光ファイバ体1116を構成する。第8の実施形態では、複数本からなる投光用光ファイバ1080の束を複数本の受光用光ファイバ1082が取り囲んでいる。

図25は、第8の実施形態での測定光の経路を示す模式図である。図25に示されるように、複数本の投光用光ファイバ1080を複数本の受光用光ファイバ1082が取り囲む構成により、受光用光ファイバ1082による反射光の受光効率を向上可能である。また、投光用光ファイバ1080が束ねられているので、投光用光ファイバ1080からの測定光が照射される範囲を限定できる。

図26は、第8の実施形態の変形例で用いられる投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の断面図である。この変形例では、複数本からなる受光用光ファイバ1082の束を複数本の投光用光ファイバ1080が取り囲んでいる。この構成により、受光用光ファイバ1082による測定光の受光効率を向上可能である。

また、前述したように、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082は測定用流体の供給路42に配置され、測定光の経路は測定用流体に混入する研磨剤の影響を受ける場合がある。この変形例では、投光用光ファイバ1080が受光用光ファイバ1082の周囲に配置されていることにより、受光用光ファイバ1082の周囲のあらゆる方向から反射光を受光可能なので、研磨剤の影響を受けにくい。

次に、本発明の第9の実施形態に係る基板研磨装置10について説明する。第9の実施形態に係る基板研磨装置10は、第2の実施形態に係る基板研磨装置10と基本的な構成は同じである。

図27は、第9の実施形態に係る基板研磨装置10で用いられる投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082の断面図であり、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082が光ファイバ体1116を構成する。第9の実施形態では、第7の実施形態と同様に、複数本の投光用光ファイバ1080と複数本の受光用光ファイバ1082とが束ねられている。第9の実施形態では、1本の受光用光ファイバ1082を複数本の投光用光フ

ファイバ１０８０が取り囲み、さらにその外側を受光用光ファイバ１０８２が取り囲んでいる。この構成により、受光用光ファイバ１０８２による測定光の受光効率を向上可能である。

図２８は、第９の実施形態の変形例で用いられる投光用光ファイバ１０８０および受光用光ファイバ１０８２の断面図であり、投光用光ファイバ１０８０および受光用光ファイバ１０８２が光ファイバ体１１１６を構成する。この変形例では、投光用光ファイバ１０８０と受光用光ファイバ１０８２の配置が第９の実施形態と逆になっている。すなわち、１本の投光用光ファイバ１０８０を複数本の受光用光ファイバ１０８２が取り囲み、さらにその外側を投光用光ファイバ１０８０が取り囲んでいる。この変形例によっても、第９の実施形態と同様に、受光用光ファイバ１０８２による測定光の受光効率を向上できる効果がある。

次に、本発明の第１０の実施形態に係る基板研磨装置１０について説明する。第１０の実施形態に係る基板研磨装置１０は、第２の実施形態に係る基板研磨装置１０と基本的な構成は同じである。

図２９は、第１０の実施形態に係る基板研磨装置１０において、測定光を投光し反射光を受光する光ファイバ体１１１６を示す断面図である。第１０の実施形態では、内部が投光用光ファイバ１０８０の領域と受光用光ファイバ１０８２の領域に分割された複合型の光ファイバ体１１１６が構成されている。すなわち、光ファイバ体１１１６は、断面半円の投光用光ファイバ領域１０８０と断面半円の受光用光ファイバ領域１０８２とを有する。それぞれの領域は、共通のクラッドにより仕切られている。この光ファイバ体１１１６により、投光用光ファイバ１０８０の機能と受光用光ファイバ１０８２の機能とが実現される。

この構成により、投光用光ファイバ領域１０８０と受光用光ファイバ領域１０８２は、共通のクラッドを介して隣接する。この構成では、投光用光ファイバ領域１０８０のコアと受光用光ファイバ領域１０８２のコアの間隔が小さいため、投光用光ファイバ１０８０による照射範囲と受光用光ファイバ１０８２による受光可能範囲の重なりを大きくできる。これにより、投光用光ファイ

バ1080および受光用光ファイバ1082と基板20にさらに近接させることができる。

また、第5の実施形態の変形例と同様に、端部に投光用光ファイバ領域1080および受光用光ファイバ領域1082にまたがるレンズを取り付けることとしてもよい。

以上、本発明の基板研磨装置10について、実施形態を挙げて詳細に説明したが、本発明は上記実施形態に限定されない。

上記実施形態では、投光用光ファイバ1080および受光用光ファイバ1082を配置する位置を拡がり角に基づいて求め、求められた位置に配置したが、必ずしも配置箇所を固定しなくてもよい。投光用光ファイバおよび受光用光ファイバを、例えば精密ボールネジや圧電素子などの駆動手段に接続し、上記実施形態と同様にして求められた基板からの最適距離Lに基づいて、投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの位置を調整してもよい。この構成によれば、研磨中に研磨パッドの摩耗度合に応じて、投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの位置をフィードバック制御可能となる。

これまで本発明の一実施形態について説明したが、本発明は上述の実施形態に限定されず、その技術的思想の範囲内において種々異なる形態にて実施されてよいことは言うまでもない。

上述したように、図9乃至図29に例示した本発明によれば、投光用光ファイバの出射端と受光用光ファイバの入射端とが互いに隣接した構成により、投光用光ファイバから出射して受光用光ファイバに入射する測定光の経路が基板に対して垂直に近くなる。これにより、受光用光ファイバによる受光量を増大させることができる。

本発明では、有効照射範囲が投光用光ファイバおよび受光用光ファイバの拡がり角によって表されることに着目し、投光用光ファイバおよび受光用光ファイバから基板までの距離を拡がり角に基づいて定めている。これにより、受光効率を高める上で最適な位置に投光用光ファイバおよび受光用光ファイバを配置できる。

特許請求の範囲

1. 基板が押圧される研磨テーブルと、

前記基板の膜測定のために、前記研磨テーブルから前記基板に測定光を投光し、前記基板から反射光を受光する投受光装置と、

前記研磨テーブルの投受光箇所にはけられる流体室へ、前記測定光および前記反射光が透過する測定用流体を供給する流体供給路と、

前記流体室への前記測定用流体の供給を制御する流体供給制御装置と、
を有することを特徴とする基板研磨装置。

2. 前記流体供給制御装置は、前記流体室と前記基板の位置関係に応じて、前記流体室への前記測定用流体の供給を制御することを特徴とする請求項1に記載の基板研磨装置。

3. 前記流体供給制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞される閉塞期間に、前記測定用流体を前記流体室に噴射することを特徴とする請求項1に記載の基板研磨装置。

4. 前記流体供給制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞されない非閉塞期間に、噴射時よりも少ない流量の測定用流体を前記流体室に供給することを特徴とする請求項3に記載の基板研磨装置。

5. 前記流体室と前記基板の位置関係に応じて、前記流体室内の流体の強制排出を制御する強制排出制御装置を有することを特徴とする請求項1に記載の基板研磨装置。

6. 前記強制排出制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞される閉塞期間に前記流体室内の流体を強制排出することを特徴とする請求項5に記載の基板研磨装置。

7. 前記強制排出制御装置は、前記閉塞期間が終わった後の所定の閉塞後期間にも前記流体室内の流体の強制排出を継続することを特徴とする請求項6に記載の基板研磨装置。

8. 前記強制排出制御装置は、前記流体室が前記基板により閉塞される前の所定の閉塞前期間には、前記流体室内の流体の強制排出を制限することを特徴とする請求項5に記載の基板研磨装置。

9. 基板が押圧される研磨テーブルと、

前記研磨テーブルから前記基板に光を投光し、前記基板から反射光を受光する投受光装置と、

前記研磨テーブルの投受光箇所に設けられる流体室へ、前記光および前記反射光が透過する流体を導く噴射用の第1の流路と、

前記流体室へ前記流体を導く前記噴射用の第1の流路よりも絞られた低流量用の第2の流路と、

前記流体が導かれる第1、第2の流路を切り替える流路切替装置と、
を有することを特徴とする基板研磨装置。

10. 基板が押圧される研磨面を有する研磨テーブルと、

前記研磨テーブルの研磨面へ流体を供給する流路を有し、

前記流路は大流量用の流路と低流量用の流路を有することを特徴とする基板研磨装置。

11. 半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、

前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光する投光用光ファイバと、

前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する受光用光ファイバと、

を備え、

前記投光用光ファイバの出射端と前記受光用光ファイバの入射端とが互いに隣接して配置され、かつ、前記投光用光ファイバおよび前記受光用光ファイバから前記半導体基板までの距離が、前記投光用光ファイバの拡がり角および前記受光用光ファイバの拡がり角に基づいて定められていることを特徴とする基板研磨装置。

1 2. 前記投光用光ファイバおよび前記受光用光ファイバから前記半導体基板までの距離が、前記投光用光ファイバおよび前記受光用光ファイバのNA値をN、コア径をC、クラッドの厚さをTとして、

$$L = (1 - N^2)^{1/2} \times (2T + C) / 2N$$

により求められる値Lに基づいて設定されることを特徴とする請求項1 1に記載の基板研磨装置。

1 3. 前記投光用光ファイバの出射端および前記受光用光ファイバの入射端にまたがって設けられ、前記投光用光ファイバが投光する測定光を前記半導体基板に集光すると共に、前記半導体基板で反射した測定光を前記受光用光ファイバに集光する投受光用集光手段を備えることを特徴とする請求項1 1に記載の基板研磨装置。

1 4. 前記投光用光ファイバと前記受光用光ファイバのいずれか一方を他方が取り囲んでいることを特徴とする請求項1 1に記載の基板研磨装置。

1 5. 半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、

前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光する投光用光ファイバと、

前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する受光用光ファイバと、

を備え、

前記投光用光ファイバの光軸と前記受光用光ファイバの光軸とが互いに傾いていることを特徴とする基板研磨装置。

16. 前記投光用光ファイバの光軸と前記受光用光ファイバの光軸とが前記半導体基板の法線に関して対称であることを特徴とする請求項15に記載の基板研磨装置。

17. 半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、

前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光し、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する光ファイバ体と、

を備え、

前記光ファイバ体は、少なくとも1本の投光用光ファイバと、少なくとも1本の受光用光ファイバとを含み、前記少なくとも1本の投光用光ファイバと前記少なくとも1本の受光用光ファイバの一方を他方が取り囲んでいることを特徴とする基板研磨装置。

18. 前記少なくとも1本の投光用光ファイバと前記少なくとも1本の受光用光ファイバの一方を他方が被覆していることを特徴とする請求項17に記載の基板研磨装置。

19. 半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、

前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光し、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する光ファイバ体と、

を備え、

前記光ファイバ体は、複数本の投光用光ファイバと複数本の受光用光ファイバとを含み、前記投光用光ファイバと前記受光用光ファイバとが束ねられていることを特徴とする基板研磨装置。

20. 半導体基板を研磨するための研磨面を有する研磨テーブルと、

前記半導体基板の膜を測定するための測定光を前記研磨面に設けられた開口を通じて前記半導体基板に投光し、前記半導体基板によって反射された前記測定光を受光する光ファイバ体と、

を備え、

前記光ファイバ体は、投光用光ファイバの領域と受光用光ファイバの領域に分割された断面形状を有する複合型の光ファイバであることを特徴とする基板研磨装置。

開示の要約

基板研磨装置は半導体ウエハ等の基板の表面を平坦かつ鏡面に研磨する。本発明に係る基板研磨装置は、基板が押圧される研磨テーブルと、前記基板の膜測定のために、前記研磨テーブルから前記基板に測定光を投光し、前記基板から反射光を受光する投受光装置と、前記研磨テーブルの投受光箇所に設けられる流体室へ、前記測定光および前記反射光が透過する測定用流体を供給する流体供給路と、前記流体室への前記測定用流体の供給を制御する流体供給制御装置とを有する。